

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
18 août 2005 (18.08.2005)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2005/075881 A1**

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : **F17C 3/06**

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2004/050745

(22) Date de dépôt international :  
22 décembre 2004 (22.12.2004)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
0450069 12 janvier 2004 (12.01.2004) FR

(71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*) : **L'AIR  
LIQUIDE SOCIETE ANONYME A DIRECTOIRE  
ET CONSEIL DE SURVEILLANCE POUR L'ETUDE**

**ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES  
CLAUDE** [FR/FR]; 75, Quai d'Orsay, F-75321 Paris  
Cedex 07 (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*) : **ALLI-  
DIERES, Laurent** [FR/FR]; Le Château, 1280, route  
d'Uriage, F-38410 Uriage les Bains (FR). **RAVEX, Alain**  
[FR/FR]; 5bis, rue du Champlars, F-38240 Meylan (FR).

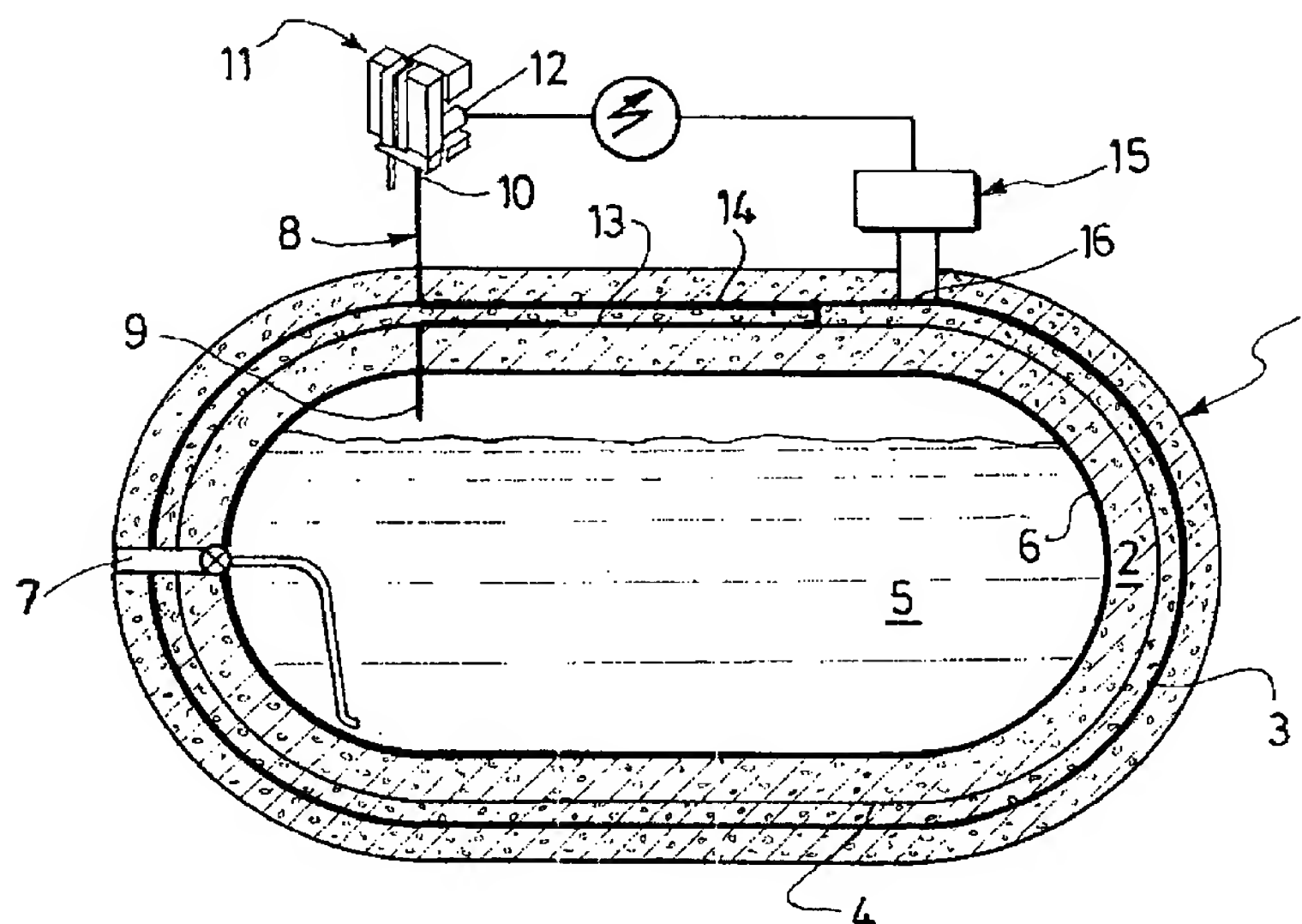
(74) Mandataire : **LE MOENNER, Gabriel**; 75, Quai d'Or-  
say, F-75321 Paris Cedex 07 (FR).

(81) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de  
protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,  
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,  
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,  
KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: HYDROGEN STORAGE INSTALLATION FOR FEEDING FUEL CELL AND MOTOR VEHICLE COMPRISING  
SAME

(54) Titre : INSTALLATION DE STOCKAGE D'HYDROGENE POUR L'ALIMENTATION DE PILE A COMBUSTIBLE ET  
VEHICULE L'INCORPORANT



(57) Abstract: The invention concerns a hydrogen storage installation for feeding fuel cell (11) in particular for motor vehicles, comprising a liquid hydrogen tank including a light insulation shell made of foam (2) incorporating at least one metal screen (3, 4), and a gaseous hydrogen discharge circuit (8) connected to the hydrogen input of the fuel cell (11) and having at least one portion (14; 13) in thermal exchange relationship with the screen (3, 4), the latter being likewise placed in thermal exchange relationship with the cold part (16) of an electrical refrigerating machine (15) supplied with electric current by the fuel cell (11). The invention is applicable to motor vehicles powered by electric power of a fuel cell.

[Suite sur la page suivante]

WO 2005/075881 A1



MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée :**

— avec rapport de recherche internationale

**(84) États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO,

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

**(57) Abrégé :** L'installation de stockage d'hydrogène pour l'alimentation d'une pile à combustible (11), notamment pour véhicules automobiles, comprend un réservoir d'hydrogène liquide comportant une enveloppe isolante légère en mousse (2) incorporant au moins un écran métallique (3, 4), et un circuit (8) d'évacuation d'hydrogène gazeux relié à l'entrée d'hydrogène de la pile à combustible (11) et ayant au moins une portion (14 ; 13) en relation d'échange thermique avec l'écran (3; 4), ce dernier étant également placé en relation d'échange thermique avec la partie froide (16) d'une machine frigorifique électrique (15) alimentée en courant électrique par la pile à combustible (11). Application notamment aux véhicules mus par l'énergie électrique d'une pile à combustible.

Installation de stockage d'hydrogène pour l'alimentation de pile à combustible  
et véhicule l'incorporant

5

La présente invention concerne les installations de stockage d'hydrogène, notamment pour l'alimentation de pile à combustible, plus particulièrement pour applications automobiles.

10

Pour les applications embarquées, l'hydrogène, servant à l'alimentation de moteurs à combustion interne et/ou de piles à combustibles servant ou participant à la propulsion ou à l'élaboration de puissance électrique embarquée, est stockable sous forme gazeuse ou sous forme liquide.

Le stockage sous forme gazeuse impose des pressions très élevées se traduisant par un alourdissement et une conformation imposée des réservoirs.

15

Le stockage sous forme liquide permet le stockage sous faible pression, proche de la pression atmosphérique, mais impose une parfaite isolation pour maintenir le liquide dans le réservoir à une température proche de 20K. Jusqu'à présent, on a eu donc recours à des réservoirs également sophistiqués, à conformation imposée, avec des inter-parois sous-vide, ce qui obère grandement les coûts de fabrication.

20

25

La présente invention a pour objet de proposer une installation de stockage de coûts réduits, permettant l'utilisation d'un réservoir léger disposant d'une isolation de moindre performance, et donc simple à mettre en œuvre et économique à fabriquer, mais garantissant toutefois un maintien en froid convenable à la pression proche de la pression atmosphérique, pour profiter d'un fluide cryogène liquide.

30

Pour ce faire, selon l'invention, l'installation comprend : un réservoir d'hydrogène liquide comportant une enveloppe isolante en matériau cellulaire incorporant au moins un premier écran métallique ; une canalisation d'extraction de l'hydrogène liquide ; un circuit d'évacuation d'hydrogène gazeux, relié à l'entrée d'hydrogène d'une pile à combustible et ayant au moins une portion en relation d'échange thermique avec le premier écran ; et une machine frigorifique

électrique connectée à la pile à combustible et ayant au moins une partie froide en relation d'échange thermique au moins avec le premier écran.

Selon d'autres aspects de l'invention :

5 - le réservoir comprend au moins un second écran thermique également en relation d'échange thermique avec une portion du circuit d'évacuation d'hydrogène gazeux ;

10 - au moins un des écrans thermiques est composé d'un assemblage sandwich d'au moins deux plaques métalliques comportant avantageusement des zones déformées en gouttière constituant au moins une partie des portions du circuit d'évacuation d'hydrogène gazeux en relation d'échange thermique avec l'écran thermique correspondant.

La présente invention concerne également un véhicule comprenant une installation de stockage d'hydrogène du type ci-dessus, la pile à combustible participant avantageusement à la propulsion dudit véhicule.

15 D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description suivante de modes de réalisation, donnée à titre illustratif mais nullement limitatif, faite en relation avec les dessins annexés, sur lesquels :

20 - la figure 1 est une vue schématique, en coupe verticale pour le réservoir, d'une installation selon l'invention ; et

- la figure 2 est une vue schématique en perspective et en coupe partielle d'un mode de réalisation d'un écran thermique selon l'invention.

25 L'installation représentée schématiquement sur la Figure 1 comporte un réservoir, généralement désigné par la référence 1, de forme quelconque, dont la paroi épaisse est constituée par une masse conformée de mousse thermoplastique multi-couches, en forme de coque à résistance de forme, généralement désignée par la référence 2, dans laquelle sont noyés au moins un, avantageusement au moins deux écrans thermiques 3 extérieur et 4 intérieur. Le matériau de la mousse est avantageusement une mousse  
30 polyuréthane à cellules fermées. Le matériau des écrans est avantageusement un alliage métallique conducteur à base de cuivre ou aluminium.

L'écran intérieur 4 peut être agencé pour servir d'enveloppe résistant à la pression. Dans ce cas, la couche d'isolation interne de la masse d'isolant 2 est

en contact direct avec l'hydrogène liquide dans la cavité interne 5 du réservoir 1, ce qui peut permettre d'éviter l'installation d'une enveloppe métallique interne telle que 6. Le réservoir 1 est classiquement pourvu d'une canalisation 7 d'extraction de l'hydrogène liquide, muni d'une vanne, traversant l'épaisseur de mousse.

Selon un aspect de l'invention, le réservoir 1 comporte en outre un circuit 8 d'évacuation de l'hydrogène gazeux se trouvant au-dessus de la masse d'hydrogène liquide, ayant donc une extrémité interne 9 débouchant dans la partie haute du réservoir et une extrémité extérieure 10 reliée à l'entrée d'hydrogène d'une pile à combustible 11 fournissant, en sortie de bornes 12, de l'énergie électrique. Le circuit 8 comporte avantageusement un clapet de surpression pour une mise à l'air de l'hydrogène gazeux quand la pression dans la cavité 5 atteint une valeur maximale déterminée, typiquement d'environ 3,5 bars.

Le circuit 8 comporte une portion intérieure 13 courant le long de l'écran intérieur 4, en relation d'échange thermique avec ce dernier, ainsi qu'une portion aval 14 courant le long de l'écran extérieur 3 et en relation d'échange thermique avec ce dernier.

Selon un autre aspect de l'invention, une machine frigorifique 15, par exemple du type pulse-tube, Stirling ou Brighton, alimentée par l'énergie électrique disponible aux bornes de sortie 12 de la pile 11, est associée au réservoir 1 (avantageusement monté sur ce dernier), avec son bout froid 16 pénétrant dans l'enveloppe de mousse du réservoir 1, pour venir en relation d'échange thermique avec au moins l'écran externe 3. On comprendra de ce qui précède, que les écrans thermiques 3 et 4 sont en permanence refroidis par le débit d'hydrogène gazeux évacué par le circuit 8, et en outre, au moins temporairement, par la machine frigorifique 15 exploitant l'énergie électrique « offerte » par l'hydrogène gazeux s'évaporant dans le réservoir 1 et alimenter la pile à combustible 11.

L'installation selon l'invention permet donc de réaliser facilement un réservoir 1 de forme libre (n'étant pas soumis à la pression), susceptible donc de s'intégrer au mieux dans les espaces disponibles des véhicules, de faibles coûts de fabrication (par exemple par simple projection de mousse au lieu de



l'application minutieuse de nombreuses multi-couches selon les techniques connues) et évitant les opérations classiques, longues et dispendieuses, de mise sous-vide et de vérification du maintien sous vide. De plus, en raison de l'absence de vide, les performances thermiques du réservoir ne sont pas  
5 significativement dégradées en cas de choc ponctuel, assurant ainsi une sécurité accrue aux véhicules.

Les écrans thermiques 3 et 4 sont typiquement réalisés par l'assemblage de plaques minces d'aluminium et/ou de cuivre. Selon un aspect de l'invention, comme représenté sur la figure 2, l'écran thermique, en l'occurrence l'écran 3,  
10 est constitué par un assemblage de trois plaques métalliques 31, 32 et 33, au moins une des plaques externes 31 et/ou 33 étant gaufrée pour présenter des déformations longitudinales en gouttière 34, 35 délimitant, avec la plaque intermédiaire 32 ou avec l'autre plaque extérieure 33 dans le cas où la plaque intermédiaire 32 comporte des évidements longitudinaux 36, des canaux 14A,  
15 14B constituant au moins en partie la portion 14 de circuit 8 d'évacuation d'hydrogène gazeux. Cet agencement évite les problèmes de jonction entre des tubulures distinctes et les écrans thermiques, favorise grandement les relations d'échange thermique entre le gaz circulant et l'écran, et rigidifie ce dernier.

Bien que l'invention ait été décrite en relation avec des modes de  
20 réalisation particuliers, elle ne s'en trouve pas limitée mais est susceptible de modifications et variantes qui apparaîtront à l'homme du métier dans le cadre des revendications ci-après.

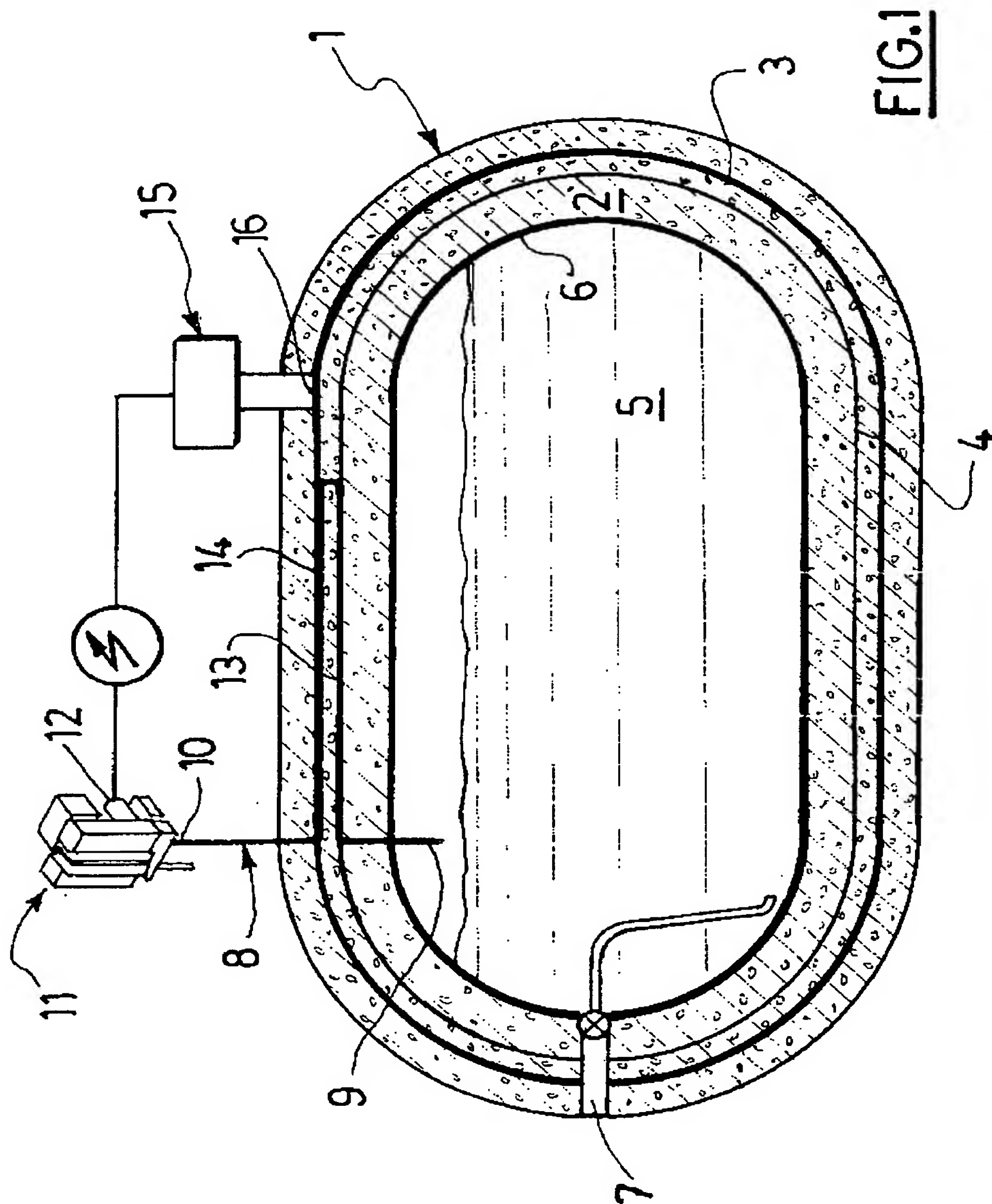
## REVENDICATIONS

1. Installation de stockage d'hydrogène comprenant :
  - 5                   - un réservoir d'hydrogène liquide (1) comportant une enveloppe isolante (2) en matériau cellulaire incorporant au moins un premier écran métallique (3),
  - une canalisation (7) d'extraction de l'hydrogène liquide,
  - un circuit (8) d'évacuation d'hydrogène gazeux, relié à
  - 10 l'entrée d'hydrogène d'une pile à combustible (11) et ayant au moins une portion (14) en relation d'échange thermique avec le premier écran,
  - une machine frigorifique électrique (15) reliée à la pile à combustible (11) et ayant au moins une partie froide (16) en relation d'échange thermique au moins avec le premier écran (3).
- 15           2. Installation selon la revendication 1, caractérisée en ce que le réservoir comprend au moins un second écran thermique (4) également en relation d'échange thermique avec une portion (13) du circuit d'évacuation (8).
3. Installation selon la revendication 2, caractérisée en ce que le deuxième écran thermique (4) est disposé à l'intérieur du premier écran
- 20 thermique (3).
4. Installation selon la revendication 3, caractérisée en ce que le deuxième écran thermique (4) est une enveloppe à résistance de forme.
5. Installation selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que l'enveloppe isolante (2) est constituée d'au moins deux
- 25 couches de mousse de polyuréthane.
6. Installation selon l'une des revendications 2 à 5, caractérisée en ce qu'au moins un des premier et second écrans thermiques (3 ;4) est composé d'un assemblage d'au moins deux plaques métalliques (31, 32).
7. Installation selon la revendication 6, caractérisée en ce qu'au moins
- 30 une partie (14A ;14B) de la portion (14 ;13) de circuit (8) en relation d'échange thermique avec l'écran (3 ;4) est formé par des zones déformées en gouttière (34 ;35) desdites plaques (31 ;32).

8. Véhicule comprenant une installation de stockage d'hydrogène selon l'une des revendications précédentes.

9. Véhicule selon la revendication 8, caractérisé en ce que la pile à combustible participe à la propulsion du véhicule.





2/2

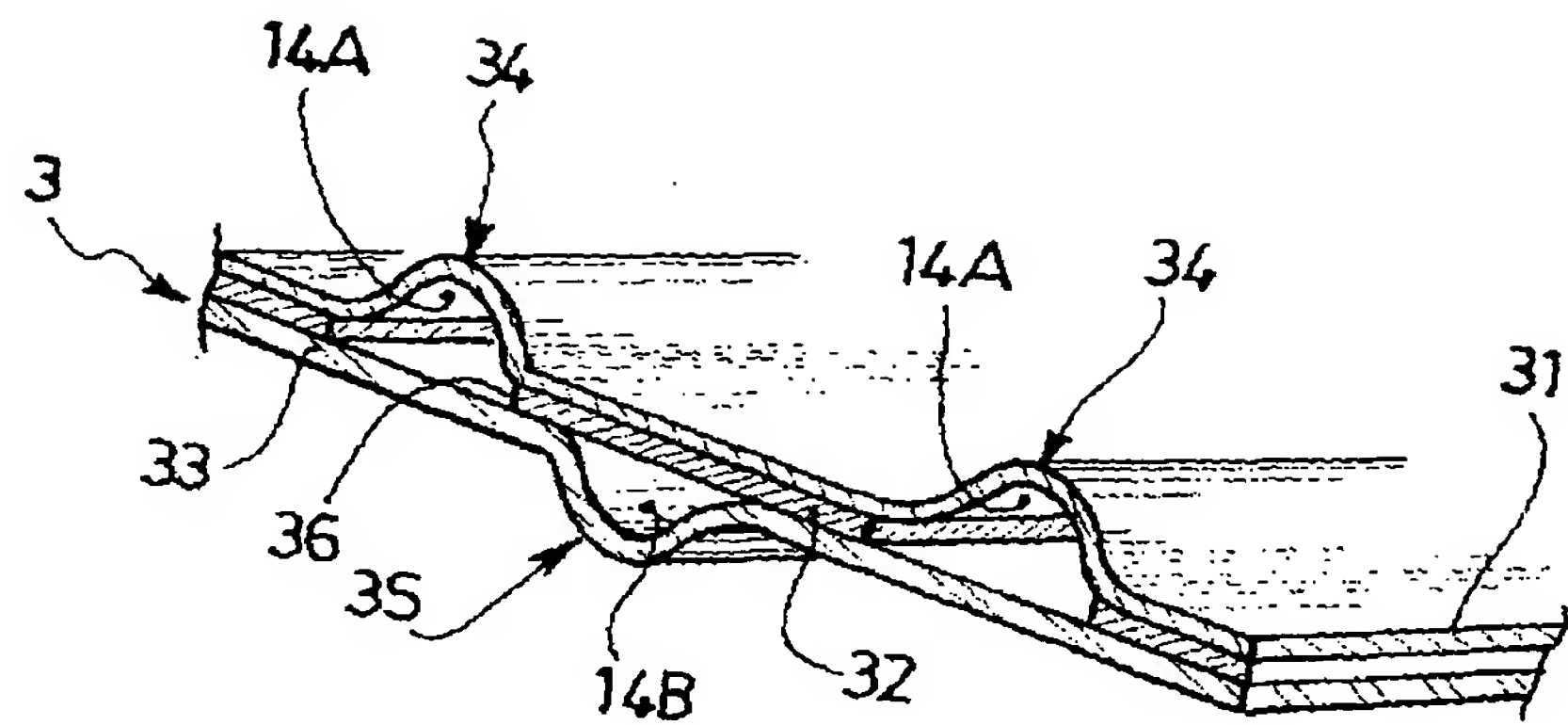


FIG. 2

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internati      Application No  
PCT/FR2004/050745

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7      F17C3/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7      F17C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category ° | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| X          | NL 1 018 316 C (KEMA NV)<br>13 January 2003 (2003-01-13)<br>the whole document     | 1-6, 8, 9             |
| A          |  | 7                     |
| A          | -----<br>US 4 386 309 A (PESCHKA WALTER)<br>31 May 1983 (1983-05-31)<br>-----      |                       |

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 April 2005

Date of mailing of the international search report

21/04/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Nicol, B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Internati Application No  
PCT/FR2004/050745

| Patent document<br>cited in search report |   | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) |               | Publication<br>date |
|---|---|---------------------|----------------------------|---------------|---------------------|
| NL 1018316                                | C | 13-01-2003          | NL                         | 1018316 C2    | 13-01-2003          |
| -----                                     |   |                     |                            |               |                     |
| US 4386309                                | A | 31-05-1983          | DE                         | 3022802 A1    | 24-12-1981          |
|   |   |                     | FR                         | 2485158 A1    | 24-12-1981          |
|   |   |                     | GB                         | 2079429 A , B | 20-01-1982          |
|   |   |                     | JP                         | 1270455 C     | 25-06-1985          |
|   |   |                     | JP                         | 57061899 A    | 14-04-1982          |
|   |   |                     | JP                         | 59039637 B    | 25-09-1984          |
| -----                                     |   |                     |                            |               |                     |

## RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No  
PCT/FR2004/050745

## A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 F17C3/06

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 F17C

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie ° | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
|-------------|--|-------------------------------|
| X           | NL 1 018 316 C (KEMA NV)<br>13 janvier 2003 (2003-01-13)<br>le document en entier              | 1-6,8,9                       |
| A           | -----  | 7                             |
| A           | US 4 386 309 A (PESCHKA WALTER)<br>31 mai 1983 (1983-05-31)<br>-----                           |                               |

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

## ° Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

11 avril 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

21/04/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Nicol, B

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No  
PCT/FR2004/050745

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche |   | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|---|---|------------------------|---|------------------------|
| NL 1018316                                      | C | 13-01-2003             | NL 1018316 C2                           | 13-01-2003             |
| US 4386309                                      | A | 31-05-1983             | DE 3022802 A1                           | 24-12-1981             |
|   |   |                        | FR 2485158 A1                           | 24-12-1981             |
|   |   |                        | GB 2079429 A , B                        | 20-01-1982             |
|   |   |                        | JP 1270455 C                            | 25-06-1985             |
|   |   |                        | JP 57061899 A                           | 14-04-1982             |
|   |   |                        | JP 59039637 B                           | 25-09-1984             |